



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 47 265 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
B 60 K 6/04
G 08 G 1/0968

⑳ Aktenzeichen: 197 47 265.6
㉔ Anmeldetag: 25. 10. 97
㉕ Offenlegungstag: 6. 5. 99

DE 197 47 265 A 1

⑦① Anmelder:
Mannesmann Sachs AG, 97424 Schweinfurt, DE

⑦② Vertreter:
GRAMM, LINS & PARTNER, 38122 Braunschweig

⑦③ Erfinder:
Lutz, Dieter, Dr., 97422 Schweinfurt, DE

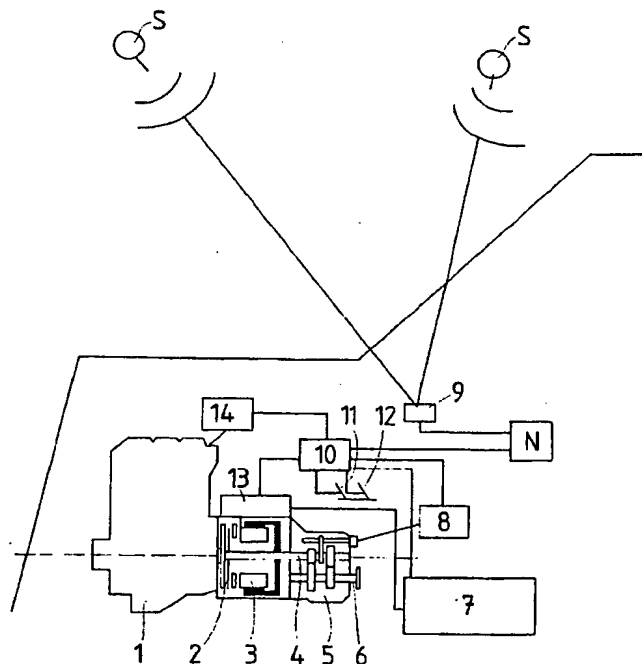
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 1 96 29 235 A1
DE-Lit.: Mot 4/1995, S. 82-85;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Hybridfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Hybridfahrzeuges

⑤⑤ Ein Fahrzeug mit Hybridantrieb, bei dem die von einem Verbrennungsmotor (1) oder einem Elektromotor (3) zur Verfügung gestellte Antriebskraft über ein Getriebe (5) mit einer Getriebeeingangswelle (4) und einer Getriebeausgangswelle (6) in den Antriebsstrang leitbar ist, wobei der Verbrennungsmotor (1) und der Elektromotor (3) über eine Kupplung (2) miteinander verbindbar sind, der Elektromotor (3) unmittelbar mit dem Getriebe (5) in Verbindung steht und ein durch den Verbrennungsmotor (1) aufladbarer elektrischer Energiespeicher (7) vorgesehen ist, zeichnet sich dadurch aus, daß das vom Elektromotor (3) zur Verfügung stellbare Drehmoment größer ist als das von dem Verbrennungsmotor (1), die Getriebeeingangswelle (4) immer in dieselbe Richtung dreht wie die Getriebeausgangswelle (6) und eine Rückwärtsfahrt ausschließlich über den Elektromotor (3) möglich ist.



DE 197 47 265 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Fahrzeug mit Hybridantrieb, bei dem die von einem Verbrennungsmotor oder einem Elektromotor zur Verfügung gestellte Antriebskraft über ein Getriebe mit einer Getriebeeingangswelle und einer Getriebeausgangswelle in den Antriebsstrang leitbar ist, wobei der Verbrennungsmotor und der Elektromotor über eine Kupplung miteinander verbindbar sind, der Elektromotor unmittelbar mit dem Getriebe in Verbindung steht und ein durch den Verbrennungsmotor aufladbarer elektrischer Energiespeicher vorgesehen ist. Außerdem wird ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridfahrzeugs mit einem satellitengesteuerten Navigationssystem vorgestellt.

Ein eingangs erläutertes Hybridfahrzeug ist beispielsweise bekannt aus der DE 43 23 601 A1. Aus der DE 29 43 554 ist ein Hybridfahrzeug bekannt, das ausschließlich mit dem Elektromotor angefahren wird und dessen Verbrennungsmotor erst nach Erreichen einer Mindestdrehzahl unter Einsatz der rotierenden Massen zwischen zwei Trennkupplungen gespeicherter kinetischer Energie angeworfen wird und dann sehr schnell auf die Drehzahl der Elektromaschine beschleunigt. Bei ansteigender Fahrbahn und/oder bei Beschleunigungsfahrt wird der Elektromotor in bekannter Weise als gleichzeitig wirkende Antriebsmaschine und auf Gefällestrecken und/oder bei Verzögerungsphasen generatorisch zur Speisung des Energiespeichers betrieben.

Die DE 44 22 636 A1 offenbart ein Verfahren zur automatischen Steuerung eines Verbrennungsmotors in Hybridfahrzeugen. Dabei wird in Abhängigkeit vom Fahrzustand in einer ersten Betriebsweise Leistung durch den Verbrennungsmotor höchstens bei Erreichen eines vorgegebenen Mindestwertes eines der Fahrzeuggeschwindigkeit proportionalen Betriebsparameters bereitgestellt. In einer zweiten Betriebsweise wird Leistung durch den Verbrennungsmotor bereitgestellt, wenn eine Gesamtleistung oberhalb einer Kurzzeit-Leistungsgrenze angefordert wird, und in einer dritten Betriebsweise Leistung durch den Verbrennungsmotor um eine vorgegebene Zeitspanne verzögert bereitgestellt, wenn eine Gesamtleistung oberhalb einer Dauer-Leistungsgrenze und unterhalb einer Kurzzeit-Leistungsgrenze angefordert wird, und/oder in einer vierten Betriebsweise, wenn der Ladezustand des elektrischen Energiespeichers auf eine untere Grenze abgesunken ist, wird Leistung durch den Verbrennungsmotor solange bereitgestellt, bis eine obere Grenze des Ladezustands wieder erreicht ist. Der Verbrennungsmotor wird dann zugeschaltet, wenn die zur Verfügung stehende Leistung des Elektromotors nicht mehr ausreicht. Als Dauer-Leistungsgrenze wird in dieser Druckschrift die Leistung definiert, die von dem elektrischen Energiespeicher permanent abgebar ist.

Die DE 195 23 985 A1 beschreibt eine Steuervorrichtung für ein Hybridfahrzeug. In dieser Steuervorrichtung wird Energie, die durch den Antriebsmotor erzeugt wird, an einen Motor/Generator über einen Generatorwechselrichter angelegt, so daß der Motor/Generator den Verbrennungsmotor antreibt, um an diesen eine Bremskraft anzulegen. Auf diese Weise kann Energie, die während des Nutzbremssens erzeugt wird und durch eine gesättigte Batterie nicht aufgenommen werden kann (Bergabfahrt) verwendet werden, um das Bremsen des Fahrzeugs zu unterstützen.

Alle bekannten Hybridfahrzeuge benötigen für die Antriebseinheit durch die Hintereinanderschaltung von Verbrennungsmotor und Elektromotor mit der dazwischenliegenden Kupplung und dem sich an den Elektromotor anschließenden Getriebe einen entsprechend hohen Platz. Dieser durch den parallelen Hybrid benötigte zusätzliche Platz-

bedarf muß so klein wie möglich sein. Für den Einbau in heutige Fahrzeuge ist eine Verlängerung gegenüber der konventionellen Antriebseinheit von höchstens 30 mm zulässig. Ansonsten müßte der Aufbau des Fahrzeugs verändert werden, was bei einer geringen Stückzahl von Hybridfahrzeugen zu einer erheblichen Verteuerung führen würde.

Von dieser Problemstellung ausgehend soll ein eingangs erläutertes Hybridfahrzeug verbessert werden.

Zur Problemlösung zeichnet sich das gattungsgemäße Fahrzeug dadurch aus, daß das vom Elektromotor zur Verfügung stellbare Drehmoment größer ist als das von dem Verbrennungsmotor, die Getriebeeingangswelle immer in dieselbe Richtung dreht wie die Getriebeausgangswelle und eine Rückwärtsfahrt ausschließlich über den Elektromotor möglich ist.

Anstelle von drehmomentschwachen Motoren, wird also ein Elektromotor mit einem gegenüber dem Verbrennungsmotor wesentlich höheren Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen eingesetzt. Der dazu benötigte axiale Bauraum wird durch Einsparung am Getriebe wieder ausgeglichen, in dem der Rückwärtsgang entfällt. Mit dem Elektromotor ist man in der Lage, im heutigen zweiten Gang anzufahren. Durch den Entfall des Rückwärtsganges wird der axiale Bauraum des Getriebes reduziert. Durch den Fortfall eines herkömmlichen ersten Ganges erfolgt eine weitere Reduzierung. Das hohe Drehmoment des Elektromotors, der vorzugsweise ein Außenläufermotor ist, kann zum Bremsen ausgenutzt werden.

Beide Motoren sind vorzugsweise in Reihe schaltbar, wenn temporär eine größere Antriebskraft notwendig ist, als von dem das Fahrzeug gerade antreibenden Motor zur Verfügung gestellt werden kann.

Vorzugsweise wird das Abbremsen durch Umschalten des Elektromotors in den Generatorbetriebes bewirkt und die Bremsenergie vom elektrischen Speicher dann aufgenommen.

Wenn das Fahrzeug mit einem satellitengesteuerten Navigationssystem (GPS) ausgerüstet ist, kann der Betrieb vorausplanend gesteuert werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Navigationssystem oder der mit diesem im Fahrzeug angeordnete Rechner mit Höhendaten aller oder einiger möglicher Fahrstrecken innerhalb eines vorgegebenen Gebiets versehen ist.

Ein Verfahren zum Betreiben des zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Fahrzeugs mit GPS zeichnet sich durch folgende Schritte aus:

- Eingabe der aktuellen Zustandsparameter des Fahrzeugs, insbesondere des Kraftstoffvorrats, Ladungsgrad des elektrischen Energiespeichers und der Zuladung, in einen mit dem Navigationssystem in Verbindung stehenden Rechner,
- Eingabe des gewünschten Fahrziels in den Rechner,
- Errechnen der voraussichtlichen Fahrzeit unter Berücksichtigung der Topographie der Fahrstrecke und der gleichmäßigen Auslastung beider Motoren, und Anzeigen der errechneten Fahrzeit auf einem Display,
- Vergleich der voraussichtlichen Fahrzeit mit der vom Fahrer vorgegebenen Fahrzeit,
- Anpassung der Auslastung jedes Motors an die Fahrstrecke zur Realisierung der gewünschten Fahrzeit vor Antritt der Fahrt und
- Vorgabe der Ladezyklen für den Energiespeicher durch den Verbrennungsmotor unter Ausschluß der Zeiten während einer Bergfahrt des Fahrzeugs.

Bei der Auslegung des Hybridfahrzeugs geht man davon aus, daß von der Gesamtmenge des Kraftstoffeinsatzes (bei-

spielsweise 4,6 Liter/100 km, bei einem Fahrzeuggewicht von 1 t und 500 kg maximaler Zulast), der Verbrennungsmotor ca. 30% mechanische Leistung und 70% Abwärme liefert. Von der mechanischen Leistung sind 1/5 absolut für die Reibung, Geschwindigkeit und Beschleunigung, ca. 1/10 für den Nebenabtrieb. Von der Abwärme gehen 40% als Wärme im Kühlkreislauf verloren und müssen abgeführt werden. Davon sind wiederum 10% nutzbar für die Heizung und 30% werden im Abgas abgeführt. Das heißt der Verlust beträgt insgesamt 60%. Bei einem Hybridfahrzeug kann dieser Verlust halbiert werden. Ebenso der Verlust von 10% für die Beschleunigung. Durch eine rekuperative Anordnung können 50% der Energie gewonnen werden, so daß ein Hybridfahrzeug insgesamt etwa 35% Energie einspart. Das Ziel der Hybridfahrzeuge ist es, anstatt 4,6 Liter nur noch 3 Liter pro 100 km zu verbrauchen.

Um eine Energieeinsparung des Hybridfahrzeugs bei gleichem Gesamtgewicht wie ein vergleichbares konventionelles Fahrzeug zu erreichen, sollte beispielsweise ein elektrischer Turbolader, der den Verbrennungsmotor aufladen kann, eingesetzt werden. Auch elektrische Nebenabtriebe sollten so konstruiert sein, daß sie den Verbrennungsmotor zumindest zeitweise entlasten. Anstatt einer Langzeitbatterie ist anzustreben eine Brennstoffzelle vorzusehen.

Mit Hilfe einer Zeichnung soll ein Ausführungsbeispiel der Erfindung nachfolgend näher erläutert werden. Es zeigt:

Fig. 1 die schematische Anordnung eines Hybridantriebs und der notwendigen Steuerelemente;

Fig. 2 ein Flußdiagramm zur Auslegung eines Hybridantriebes;

Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Steuerung des Fahrzeugbetriebes.

Der Hybridantrieb besteht im wesentlichen aus dem Verbrennungsmotor 1, der nur eine mittlere Leistung besitzt, dem hieran angeschlossenen Elektromotor 3, der über eine Kupplung 2 mit dem Verbrennungsmotor 1 verbunden ist und dem an den Elektromotor 3 angeflanschten Getriebe 5 mit der Getriebeeingangswelle 4 und der Getriebeausgangswelle 8. Über eine Batterie 7 mit geringer Arbeit und hoher Leistung wird der Elektromotor 3 unter Zwischenschaltung der Leistungselektronik 13 angetrieben. Ein Fahrzeugrechner 10 steuert über die Motorelektronik 14 den Verbrennungsmotor 1, den Elektromotor 3 und steht mit der Batterie 7 und dem Fahrpedal 11 bzw. dem Bremspedal 12 in Verbindung. Über die Getriebesteuerung 8, die ebenfalls mit dem Rechner 10 verbunden ist, wird das Getriebe 5 gesteuert. Ein satellitengesteuertes Navigationssystem N steht ebenfalls mit dem Rechner 10 in Verbindung. Der GPS-Empfänger 9 empfängt die Signale von den in einer Erdumlaufbahn befindlichen Satelliten S und leitet diese an das Navigationssystem N weiter, in dem Straßenkarten helichigen Umfangs (deutschlandweit, europaweit, weltweit) gespeichert sind. Das Navigationssystem N oder der mit diesem verbundene Fahrzeugrechner 10 ist mit Daten der Topographie, also mit Angaben zur Höhe der in ihm gespeicherten Straßenkarten versehen.

Der Verbrennungsmotor 1 ist nur für die Dauerleistung und nicht für die Spitzenleistung des Fahrzeugs ausgelegt. Der elektrische Energiespeicher 7 ist für eine hohe Leistung ausgelegt, jedoch mit einer sehr kleinen Energie, zum Beispiel nur 1/5 der heute üblichen Energie. Das Gewicht beträgt etwa 60 kg. Der Elektromotor 3 wird in einer Bauart gewählt, die ein sehr hohes Leistungsgewicht aufweist. Dazu ist er vorzugsweise in Außenläuferbauart ausgeführt, mit einer Leistung in der Größenordnung des Verbrennungsmotors für die zusätzliche Spitzenlast und einem Drehmoment, das wesentlich größer ist als das Drehmoment des Verbrennungsmotors 1. Das Getriebe 5 weist keinen Rück-

wärtsgang auf, so daß sich die Eingangswelle 4 immer in dieselbe Richtung wie die Ausgangswelle 6 dreht. Um den Gangwechsel zu optimieren, wird das Getriebe 5 über die Getriebeelektronik 8 gesteuert. Da der Elektromotor 3 umpolbar ist, erfolgt die Rückwärtsfahrt ausschließlich mittels des Elektromotors 3. Dieser wird auch zum Anfahren des Fahrzeugs benötigt. Da er sehr drehmomentstark ist, kann die Getriebeübersetzung für den Anfahrang der Übersetzung eines zweiten Ganges bei Fahrzeugen mit heute üblichen Verbrennungsmotoren verwendet werden, so daß neben dem Rückwärtsgang der bis heute übliche 1. Gang entfällt.

Wird der Elektromotor 3 als Generator betrieben, wird die Batterie 7 über die Leistungselektronik 13 gespeist, wobei diese in der Lage ist, eine größere Leistung aufzunehmen als durch die Bremsenergieerückgewinnung nötig ist. Mit dieser Einrichtung wird ein extrem hoher Wirkungsgrad erreicht, da bei jedem Bremsvorgang die Energie vollständig zurückgewonnen werden kann.

Durch die zuvor beschriebene Bauart, den Fortfall des ersten und des Rückwärtsganges im Getriebe ist es möglich, etwa 50 mm bis 70 mm Bauraum bei einem PKW-Getriebe einzusparen. Die Schaltung eines automatisierten mechanischen Getriebes ist vereinfacht, da weniger Schaltstellungen notwendig sind. Da die Motoren beliebig zuschaltbar sind, wenn eine größere Antriebskraft notwendig ist, als gerade von dem das Fahrzeug antreibenden Motor 1 oder 3 zur Verfügung stellbar ist, ist sichergestellt, daß das Fahrzeug auch noch in der höchsten Getriebeübersetzung am Gaspedal hängt und sofort ein ruckfreies Beschleunigen möglich ist.

Bei der Auslegung des Hybridfahrzeuges muß versucht werden, einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch entsprechend den Anforderungen des Kunden zu realisieren. Der heutige Energieverbrauch als Ist-Zustand setzt sich zusammen aus der Reibung des Fahrzeuges zum Untergrund, der Strömungsverluste bei entsprechender Geschwindigkeit, dem Beschleunigungsverlusten, den sonstigen Antriebsverlusten des Verbrennungsmotors und den Verlusten durch die Nebenabtriebe für die Lenkung, Klimatisierung, Beleuchtung usw. Wenn ein Fahrzeug definiert für einen Kunden ausgelegt werden soll, der für entsprechende Fahrleistungen einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch haben möchte, so muß entsprechend seiner Angaben über die Häufigkeit der Fahrweise auf Autobahnen, Bundesstraßen oder im Stadtverkehr, der mittleren Geschwindigkeiten, der Angaben über Streckenzustände (Berge, Ebene), der zu erzielenden Höchstgeschwindigkeiten und der Minimierung des Fahrzeuggewichtes vorgegangen werden.

Durch das GPS-System und das Navigationssystem sind alle Informationen über eine vom Fahrer vorgegebene Fahrstrecke im voraus abrufbar. So ist auch das Höhenprofil der Strecke exakt vorhanden. Zur Optimierung des Energieverbrauchs gibt der Fahrer bei Antritt der Fahrt die aktuellen Zustandsparameter des Fahrzeuges, insbesondere den Kraftstoffvorrat, den Ladungszustand der Batterie 7 und die Zuladung in den mit dem Navigationssystem N in Verbindung stehenden Rechner 10 ein. Sodann gibt er in den Rechner 10 sein gewünschtes Fahrziel ein. In Verbindung mit dem Navigationssystem N errechnet der Rechner 10 die voraussichtliche Fahrzeit. Diese wird zunächst so festgelegt, daß der Elektromotor und der Verbrennungsmotor 1 ungefähr gleichmäßig beansprucht werden. Ist der Fahrer mit dieser Fahrzeit einverstanden, so werden diese Vorgaben im Rechner festgeschrieben und das Fahrzeug anschließend entsprechend gesteuert. Ist er nicht einverstanden, so wird entsprechend der Verbrennungsmotor 1 mehr oder weniger beeinflusst. Das heißt, der Fahrer wählt eine kürzere oder eine längere Fahrzeit. Wählt er eine kürzere Fahrzeit, wird der Ver-

brennungsmotor 1 mehr eingesetzt und die Batterie 7 stärker aufgeladen. Wählt er eine längere Fahrzeit, wird der Elektromotor 3 stärker eingesetzt. Ist der Fahrer mit der dann errechneten Fahrzeit zufrieden, so sind alle Vorgaben für den Verbrennungsmotor 1, den Elektromotor 3 sowie die Ladezyklen der Batterie 7 entsprechend der Strecke festgelegt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einer Bergauffahrt der Verbrennungsmotor 1 keine Reserven mehr hat, um die Batterie 7 zu laden. Die Ladezyklen müssen also in die Bergabfahrzeiten und in die Zeiten gelegt werden, wo das Fahrzeug konstant in der Ebene fährt. Somit ist garantiert, daß bei einer bestimmten Strecke ein minimaler Kraftstoffverbrauch mit dem Hybridfahrzeug erreicht wird.

Bezugszeichenliste

1 Verbrennungsmotor	
2 Kupplung	
3 Elektromotor	
4 Getriebeeingangswelle/Eingangswelle	
5 Getriebe	20
6 Getriebeausgangswelle/Ausgangswelle	
7 Batterie/elektrischer Energiespeicher	
8 Steuerung/Getriebesteuerung	
9 GPS-Empfänger	25
10 Elektronik/Rechner	
11 Fahrpedal	
12 Bremspedal	
13 Leistungselektronik	
14 Elektronik für Verbrennungsmotor	30
S Satellit	
N Navigationssystem	

Patentansprüche

1. Fahrzeug mit Hybridantrieb, bei dem die von einem Verbrennungsmotor (1) oder einem Elektromotor (3) zur Verfügung gestellte Antriebskraft über ein Getriebe (5) mit einer Getriebeeingangswelle (4) und einer Getriebeausgangswelle (6) in den Antriebsstrang leitbar ist, wobei der Verbrennungsmotor (1) und der Elektromotor (3) über eine Kupplung (2) miteinander verbindbar sind, der Elektromotor (3) unmittelbar mit dem Getriebe (5) in Verbindung steht und ein durch den Verbrennungsmotor (1) aufladbarer elektrischer Energiespeicher (7) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das vom Elektromotor (3) zur Verfügung stellbare Drehmoment größer ist als das von dem Verbrennungsmotor (1), die Getriebeeingangswelle (4) immer in dieselbe Richtung dreht wie die Getriebeausgangswelle (6) und eine Rückwärtsfahrt ausschließlich über den Elektromotor (3) möglich ist.
2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Motoren (1, 3) in Reihe schaltbar sind, wenn temporär eine größere Antriebskraft notwendig ist, als von dem das Fahrzeug gerade antreibenden Motor (1 oder 3) zur Verfügung stellbar ist.
3. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abbremsen durch Umschalten des Elektromotors (3) in den Generatorbetrieb erfolgt und die Bremsenergie vom elektrischen Speicher (7) aufnehmbar ist.
4. Fahrzeug nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein satellitengesteuertes Navigationssystem (N).
5. Fahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Navigationssystem (N) oder ein damit in Verbindung stehender Rechner (10) Höhen Daten zu der

Topographie verschiedener Fahrstrecken enthält.

6. Verfahren zum Betreiben eines Fahrzeugs nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Motoren (1, 3) alternativ zu- und abschaltbar sind, mit folgenden Schritten:

- Eingabe der aktuellen Zustandsparameter des Fahrzeugs, insbesondere des Kraftstoffvorrats, Ladungsgrad des elektrischen Energiespeichers (7) und der Zuladung, in einen mit dem Navigationssystem (N), in Verbindung stehenden Rechner (10),
- Eingabe des gewünschten Fahrziels in den Rechner (10),
- Errechnen der voraussichtlichen Fahrzeit unter Berücksichtigung der Topographie der Fahrstrecke und der gleichmäßigen Auslastung beider Motoren (1, 3), und Anzeigen der errechneten Fahrzeit auf einem Display,
- Vergleich der voraussichtlichen Fahrzeit mit der vom Fahrer vorgegebenen Fahrzeit,
- Anpassung der Auslastung jedes Motors (1, 3) an die Fahrstrecke zur Realisierung der gewünschten Fahrzeit vor Antritt der Fahrt und
- Vorgabe der Ladezyklen für den Energiespeicher (7) durch den Verbrennungsmotor (1) unter Ausschluß der Zeiten während einer Bergfahrt des Fahrzeugs.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

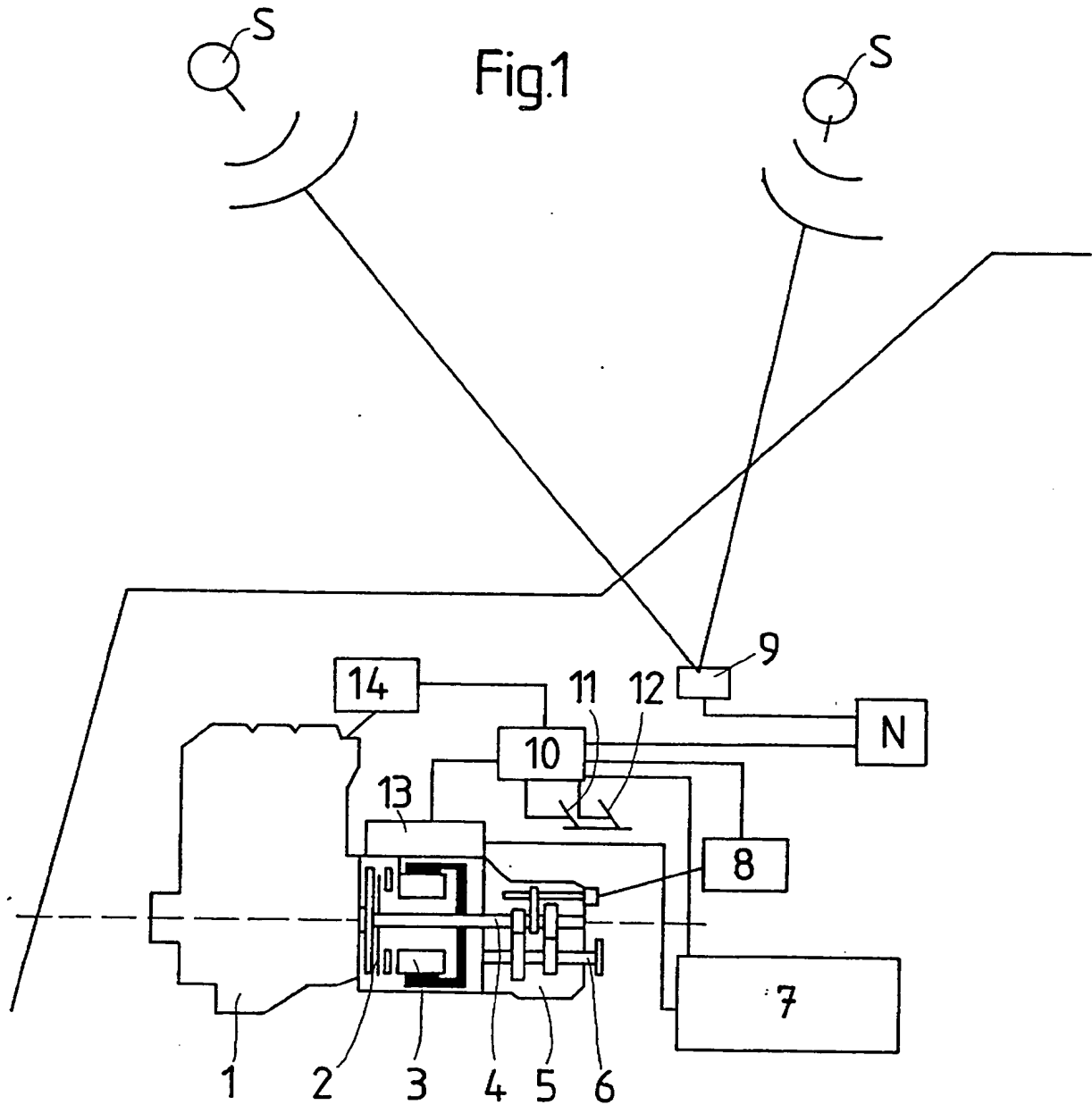


Fig.2

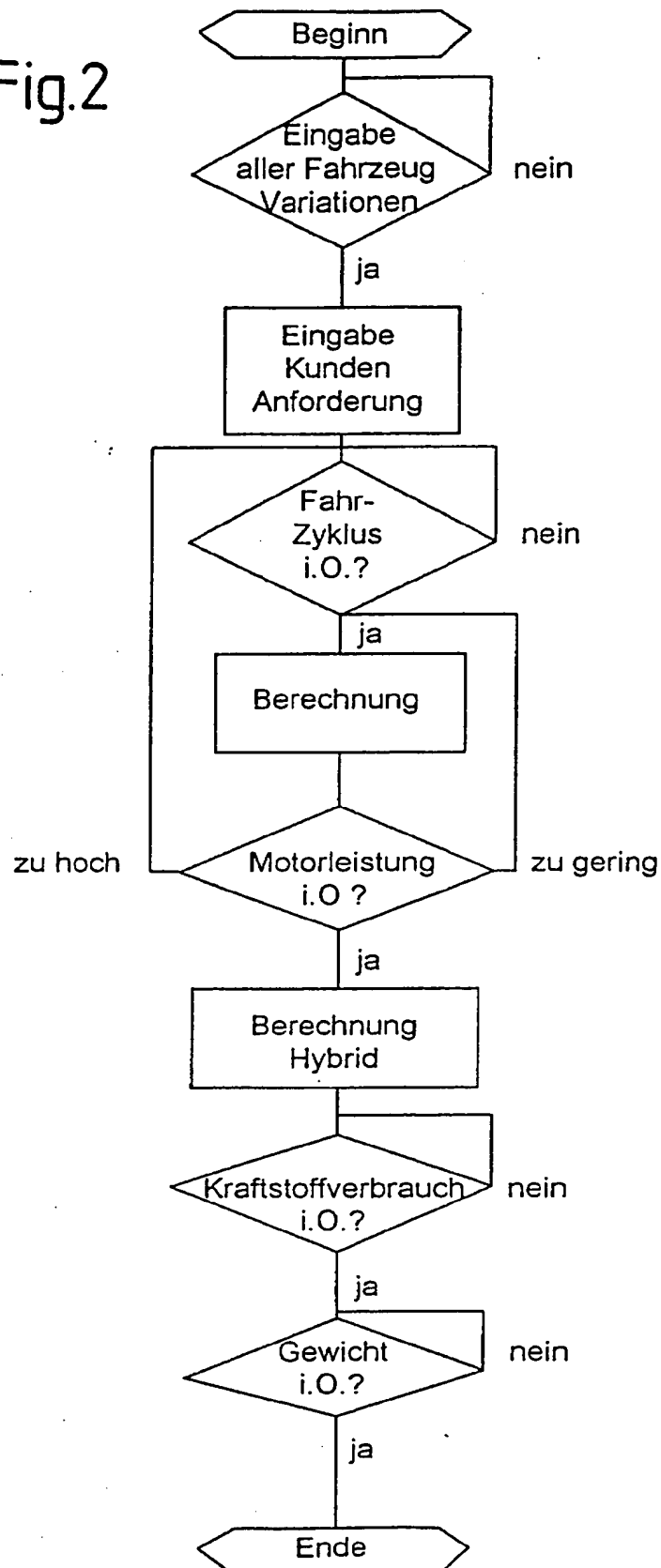


Fig.3

